

Голові спеціалізованої вченої ради
К 26.894.01 Національного
центру управління та
випробувань космічних засобів

вул. Московська, 8, м. Київ, 01010

ВІДГУК

офіційного опонента доктора технічних наук,
доцента ФРИЗА СЕРГІЯ ПЕТРОВИЧА на дисертацію
ГОРІШНОЇ ІРИНИ ЯРОСЛАВІВНИ на тему: “Тренажерне
забезпечення моделювання адаптивного радіолокаційного
зондування в умовах перешкод”, яка подана на здобуття наукового
ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю
05.07.14 – авіаційно-космічні тренажери

Актуальність теми дисертації

Тренажерна підготовка льотного складу має стійку тенденцію до зростання в зв'язку з тим, що людський фактор продовжує залишатися базовою причиною авіаційних подій. Крім цього, технологічний розвиток дозволив довести сучасні авіаційні тренажери до такого рівня розвитку, що підготовка пілотів на тренажерах стала більш ефективною, ніж підготовка на реальному повітряному судні. Така ефективність авіаційних тренажерів обумовлена їх можливостями до забезпечення високої інтенсивності підготовки.

Бортова радіолокаційна станція (РЛС) є одним з найбільш важливих елементів радіоелектронного устаткування сучасного літального апарату. На думку експертів, в недалекому майбутньому бортові РЛС залишаться основним засобом виявлення та супроводу цільових об'єктів. Крім виявлення цілей, бортові РЛС забезпечують радіокорекції, здійснюють картографування земної поверхні з роздільною здатністю до одного метра, а також вирішують допоміжні завдання: слідування рельєфу місцевості, вимір власної швидкості, висоти, кута зносу та ін.

З усієї сукупності інформаційних задач радіолокатори забезпечують виявлення цільових об'єктів, вимірювання координат і інших параметрів їх руху, роздільну здатність і класифікацію об'єктів. При цьому вимоги до якості радіолокаційного спостереження безперервно підвищуються та умови роботи, в свою чергу, ускладнюються. Швидкоплинність зміни і складність радіолокаційної обстановки вимагають високого темпу видачі даних, швидкого та коректного реагування на них оператора повітряного судна.

Обробка прийнятих радіолокаційних сигналів ведеться у всіх ланках РЛС, включаючи антену, приймач, вимірювачі, обчислювальні пристрої і може бути охарактеризована сукупністю різних математичних операцій, які формують загальний алгоритм цільової обробки, який спрямований на отримання необхідних вихідних параметрів сигналу. У зв'язку з цим, поряд із загальним завданням визначення оптимальних алгоритмів обробки сигналу в цілому, яке вирішується при проектуванні РЛС, виникає завдання вибору оптимальних методів обробки сигналів.

Таким чином можна зазначити, що дисертаційна робота, яка присвячена покращенню якості підготовки оператора на тренажері авіаційно-космічної техніки з РЛС в режимах виявлення цільових об'єктів в умовах перешкод під час радіолокаційного зондування, є актуальною.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації

Автор добре розуміє специфіку наукового завдання та коректно формулює постановку задачі на дослідження.

При проведенні досліджень використовувались методи просторово-часової обробки радіосигналів; математичного та імітаційного моделювання, теорія матриць і функціональний аналіз.

Достовірність одержаних результатів

Обґрунтованість і достовірність наукових результатів, висновків та рекомендацій, викладених в дисертаційній роботі, досягаються ретельним багатостороннім системним аналізом реально існуючих процесів у сфері

тренажерного формування радіолокаційних сигналів взагалі та в об'єкті дослідження зокрема. Коректне використання методів досліджень та математичного апарату підтверджується результатами аналітичних доведень через математичні перетворення, результатами імітаційного моделювання, а також практичними результатами, які відображено в актах впровадження.

Наукова новизна та важливість результатів

У результаті проведених досліджень підвищена продуктивності навчання роботи оператора тренажерного комплексу при визначенні цільових об'єктів на підстильній поверхні зондування. При цьому отримано наступні наукові результати:

1. Вперше обґрунтовано методи ергатичного управління в режимах цільової маніпуляції фазами здійснення зондування об'єктів, згідно аналітичних виразів, які забезпечують рекурентне оцінювання рівнів кваліфікації пілота завдяки знаходженню фільтра, що узгоджує зондуючі сигнали, скороченими за своєю тривалістю, та прийняті ехо, які адекватні цільовим об'єктам на підстильній поверхні.

2. Вперше запропоновано модель еталонного визначення взаємної функції невизначеності для тренажерного забезпечення режиму моделювання адаптивного радіолокаційного зондування цільових об'єктів на підстильній поверхні.

3. Удосконалено науково-аналітичний апарат розрахунків вагових коефіцієнтів фільтру для створення та застосування індивідуалізованого тренажерного забезпечення засобами моделювання типових керованих сценаріїв поверхонь взаємної функції невизначеності, що включають поточний стан людини-оператора.

4. Набула подальшого розвитку методика вирішення варіаційної задачі узгодження адаптивної пари «сигнал-фільтр» в умовах перешкод з використанням шляхів самоорганізації, що дозволяє максимізувати відношення сигнал/шум в пристрої обробки сигналів бортової РЛС.

Таким чином, проведені наукові дослідження і одержані результати

забезпечили вирішення актуального *наукового завдання*, що пов'язано з покращенням на тренажері авіаційно-космічної техніки з радіолокаційними станціями якості підготовки операторів в режимах виявлення цільових об'єктів з використанням раціональних методів обробки сигналів спрямованих на максимізацію відношення сигнал/шум в умовах перешкод під час радіолокаційного зондування

Аргументування та критичне оцінювання порівняно з відомими рішеннями запропонованих автором рішень

Метою роботи є підвищення інтегрованої ефективності тренажерного навчання інтелектуального агента системи ергатичного управління польотом.

Об'єктом дослідження є процеси виявлення та визначення параметрів цільових об'єктів під час просторово-часової обробки в радіолокаційних системах в умовах просторових шумів та перешкод.

Предметом дослідження визначено моделі, методи та засоби тренажерного формування радіолокаційних сигналів для адаптивного радіолокаційного зондування підстильної поверхні.

Для досягнення поставленої мети у роботі вирішені наступні *наукові задачі*:

1. Проведено аналіз забезпечення сучасних РЛС, визначено особливості їх функціонування під час адаптивного радіолокаційного зондування та шляхи виявлення корисного сигналу.

2. Обґрунтовано якісні характеристики просторово-часової обробки сигналів в бортових РЛС в умовах візуалізації функції взаємної кореляції між прийнятими коливанням і очікуваним сигналом.

3. Проведено дослідження шляхів покращення якості приймання радіолокаційного сигналу та знаходження адаптивного фільтру для заданого сигналу з властивостями повного або часткового подавлення бічних пелюсток при узгодженій та неузгодженій обробці, включаючи періодичний та аперіодичний випадки формування сигналів.

4. Удосконалено методику роботи адаптивної пари «сигнал-фільтр»

шляхом застосування методу самоорганізації для покращення виявлення сигналу, який містить корисну радіолокаційну інформацію про цільовий об'єкт.

5. Розроблено науково-практичні рекомендації, які базуються на результатах імітаційної перевірки розробленої методики, що підтверджує достовірність запропонованого аналітичного апарату.

Практична значимість та важливість для галузі полягає у тому, що впровадження розробленої методики покращення роботи пари «сигнал-фільтр» за допомогою алгебраїчного рекурентного процесу та комп'ютерної програми в середовищі Matlab на основі методів імітаційного моделювання, дозволить в 1.5-1.75 рази підвищити значення співвідношення сигнал/шум.

Дисертаційна робота виконувалась у відповідності до планів науково та науково-технічної діяльності Національного університету «Одеської морської академії», які пов'язані з реалізацією «Програми розвитку державної системи використання повітряного простору України на 2010-2014 роки» затвердженої постановою Кабінету Міністрів України від 13 січня 2010 р. № 44.

Результати наукових досліджень увійшли до звіту науково-дослідної роботи «Моделювання професійної діяльності фахівців з обслуговування повітряного руху» (№ ДР 0117U000792), що підтверджується актом про впровадження результатів роботи при розробці математичних моделей функціонування агрегатів в тренажерних комплексах.

Оцінка змісту дисертації, її завершеність у цілому, відповідність оформлення дисертації вимогам, затвердженим МОН України

Дисертація складається з чотирьох розділів, в яких логічно на високому науково-технічному рівні викладено рішення поставленої задачі дослідження.

У *вступі* обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, сформульовано мету і завдання дослідження, визначено об'єкт, предмет, методи дослідження, визначено наукову новизну і практичне значення отриманих результатів, представлено загальну характеристику роботи, структуру та обсяг дисертації. Наведено відомості про впровадження результатів роботи, апробацію, особистий внесок автора, а також публікації за темою дисертації.

У *першому* розділі проаналізовано структурну схему РЛС, етапи обробки та методи отримання радіолокаційної інформації. Представлено класифікацію радіотехнічних сигналів та перешкод. Досліджена конструктивна складова бортової РЛС і зазначено, що однією з основних проблем імпульсних РЛС є позбавлення від сигналу, що відбивається від нерухомих об'єктів. Визначені переваги застосування активних фазованих решіток. Зазначені види активної та пасивної радіолокації. Приведена класифікація радіотехнічних сигналів та перешкод.

Зроблено висновок, що при гостронаправленому опромінюванні цільового об'єкта від його поверхні відбивається незначна частина випромінюваної енергії. Ще більшою мірою розсіювання енергії проявляється на шляху від об'єкту до приймальної антени в силу слабкої направленості вторинного випромінювання.

Поступаючі ехо-сигнали, особливо на великих відстанях, виявляються слабкими, і потрібно прийняти ряд заходів, щоб виділити їх в умовах перешкод. До числа таких заходів відносяться: скорочення тривалості зондуючого сигналу або збільшення середньої потужності зондуючих сигналів, габаритів антен, застосування високочутливих малoshумливих елементів приймача.

Поряд з цим має передбачатися така обробка суміші сигналів і перешкод, при якій забезпечується найкраще використання взаємних відмінностей сигналу і перешкод для вирішення завдань радіолокації. Взаємні відмінності повинні найкращим чином використовуватися і при вирішенні сигналів від декількох цільових об'єктів.

Проведений аналіз дав змогу визначити наукове актуальне наукове завдання, часткові завдання дослідження та шляхи їх вирішення.

Другий розділ присвячений аналізу характеристик просторово-часової обробки сигналів в РЛС в умовах кореляції. Відзначено, що основна проблема, яку покликана вирішити просторово-часова обробка сигналів - проблема боротьби з сигналами, відбитими від земної поверхні.

Розглянуті етапи просторової обробки і зроблено висновок, що функція невизначеності сигналу є дуже корисною. Увага присвячена аналізу та

використанню зондувальних радіолокаційних сигналів, скороченими за своєю тривалістю з метою зменшення потужності відображень від підстильної поверхні і підвищення контрастності радіолокаційної інформації про цільовий об'єкт на екрані РЛС літального апарату.

Отримання радіолокаційної інформації цільового об'єкту на основі адаптивного фільтру в кожному періоді зондування зводиться до адаптації фільтру в момент прийому ехо-сигналу до форми отриманого сигналу. Для кожного цільового об'єкту в одному періоді зондування повинен формуватись свій окремий алгоритм адаптивної фільтрації, а, отже, структура та алгоритм роботи радіолокаційної станції повинна бути також адаптивною в межах допустимої кількості цільових об'єктів, що одночасно спостерігаються.

Зроблено висновок, що з точки зору підвищення роздільної здатності та точності необхідно розширювати смугу частот зондувального сигналу, що, наприклад, досягається зменшенням тривалості зондувальних імпульсів або застосуванням спеціальних складних сигналів.

У *третьому* розділі проведено аналіз подавлення бічних пелюстків з метою покращення відношення сигнал/шум шляхом знаходження оптимального фільтру. Узгоджений і неузгоджений фільтри вважаються найбільш важливими частинами блоку обробки сигналів РЛС.

Зроблено висновок, що у останні роки запропонований в численних роботах і продовжує посилено вдосконалюватися новий вид носія інформації - широкосмуговий шумоподібний сигнал, загальні властивості яких були розглянуті в цьому розділі. Широке практичне застосування фазоманіпульованих сигналів в системах виявлення обумовлено відносно рівномірним розподілом бічних пелюсток кореляційної функції при великому числі дискретів на всій часовій площині та постійністю амплітуди сигналу.

Проведений аналіз робіт, присвячених обчисленню ВФН між прийнятим і очікуваним сигналами, що являється основною операцією при оптимальному виявленні. Аналіз ВФН фазоманіпульованих сигналів з різними законами фазової модуляції дозволяє зробити висновок, що рівень бічних пелюсток ВФН

багатопікової або багатогребеневої структури без застосування спеціальних заходів має значну величину, сумірну, іноді, з максимальним значенням ВФН, саме тому застосовується вагова обробка з використанням квазіоптимальних вагових коефіцієнтів.

При імітаційному проведенні експериментальних досліджень в середовищі Matlab розроблена програма для узгодженої та неузгодженої фільтрації, для знаходження вагових коефіцієнтів оптимального фільтру, а також для знаходження кількісного показника втрати по шумах.

Проаналізована робота фільтрів, що забезпечує нульовий рівень бічних пелюсток, основні елементи узгодженої та неузгодженої фільтрації та принцип їх дії. Розраховані вагові коефіцієнти фільтру, а також оптимальний фільтр, що розрахований для періодичного випадку також дозволяє отримувати часткове подавлення бокових пелюстків для аперіодичного випадку.

Четвертий розділ присвячений оптимальній обробці сигналів на фоні перешкод. Запропоновано методику удосконалення роботи адаптивної пари «сигнал-фільтр» полягає в почерговому вирішенні інтегральних рівнянь для фільтра і сигналу при фіксованій нормі сигналу і фільтра, тобто в застосуванні процедури самоорганізації.

Проведена імітаційна перевірка розробленої методики з метою підтвердження достовірності запропонованих алгебраїчних виразів за допомогою математичної моделі реалізованої в середовищі програмування Matlab.

Практичне використання методу самоорганізації дозволить вирішити для РЛС завдання оптимального виявлення цільових об'єктів на фоні підстильної поверхні в умовах перешкод, і дозволить поліпшити її експлуатаційні характеристики в вертолітних комплексах з метою подання інформації про навколишнє середовище для підвищення продуктивності роботи оператора тренажерного комплексу.

Висновки дисертаційної роботи підкреслюють наукову новизну і практичну цінність розробок.

Оцінка мови та стилю викладання дисертації і автореферату. Мова та стиль дисертації та автореферату свідчать про вміння автора аргументовано формулювати думки. Всі розділи роботи мають внутрішню єдність та завершеність. Змістовне наповнення підрозділів роботи відповідає змісту визначених розділів.

Підтвердження повноти викладу результатів дисертації в наукових фахових виданнях. Наукова новизна безсумнівна та достатня для дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук.

За темою дисертаційної роботи опубліковано 8 статей у провідних наукових фахових виданнях, в тому числі 1 стаття у міжнародному виданні, 6 статей у виданнях, що затверджені ВАК України, з них 1 стаття без співавторів та зареєстровано 1 патент на корисну модель.

Основні теоретичні та практичні результати дисертаційної роботи доповідались і обговорювались на 9 наукових та науково-методичних конференціях, у тому числі в 3-х міжнародних. В роботах опублікованих у співавторстві автором визначено його особистий внесок

Відповідність змісту автореферату основним положенням дисертації

Зміст автореферату відповідає основним положенням дисертації і дає повне уявлення про отримані автором основні результати дослідження, їх новизну та практичну значимість.

Недоліки

1. У першому розділі дисертаційної роботи (підрозділ 1.7) автором проаналізовані переваги використання зондувальних сигналів короткої тривалості, але не надано інформації щодо інших робочих характеристик радіолокатора, а саме: потужності імпульсу, їх частоти та ін.

2. В дисертаційній роботі та авторефераті достатньо детально наведено якісні характеристики просторово-часової обробки сигналів, але не наведено

інформації щодо типу антен, які доречно використовувати для вимірювання різниці параметрів зондувального та ехо-сигналів у запропонованій автором методиці.

3. Схему комплексного тренажера оператора повітряного судна на рисунку 2.10 дисертації представлено у малоінформативному вигляді – функціональні блоки позначені цифрами, а у тексті іде їх розшифровка. Це ускладнює сприйняття та аналіз схеми.

4. У третьому розділі дисертації проведені дослідження та представлені графіки сигналу на виході фільтру при узгодженій та неузгодженій обробці для періодичного та аперіодичного сигналів.

При цьому автором не зроблено порівняльних висновків за результати моделювання. Після опису результатів експерименту одразу приводяться висновки до третього розділу.

5. У тексті роботи, нажаль, відсутній опис принципів та послідовності технології імітаційного моделювання розрахунку вагових коефіцієнтів, а також рекурентного алгебраїчного процесу в середовищі Matlab.

6. У четвертому розділі дисертації та автореферату представлені розрахунки та графічні дані застосування методики максимізації відношення сигнал/шум тільки для періодичного випадку формування сигналів, на відміну від розрахунку вагових коефіцієнтів оптимального для періодичного та аперіодичного сигналів.

7. У тексті роботи автором використовується два типи аббревіатур – україномовні та англійські. При цьому деякі англійські аббревіатури приведені без перекладу на українську мову. Це, на мій погляд, ускладнює вивчення роботи.

Невдалим прикладом такого сумісного використання є сформульоване на стор. 3 автореферату наукове завдання, в якому використовується одночасно 2 україномовних та 2 англійських аббревіатури.

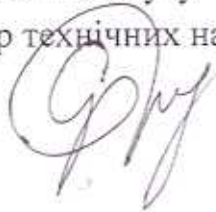
Вказані зауваження не знижують цінності дисертаційної роботи, її науково-теоретичного та практичного значення.

Висновок

Вивчення дисертаційної роботи, автореферату та опублікованих здобувачем наукових праць дозволяє стверджувати, що дисертаційна робота виконана на актуальну тему, представляє собою логічно завершене наукове дослідження, що містить нові обґрунтовані наукові результати і наукові положення, які в сукупності вирішують актуальне наукове завдання щодо розробки аналітичної моделі визначення взаємної функції невизначеності для тренажерного забезпечення режиму моделювання адаптивного радіолокаційного зондування цільових об'єктів на підстильній поверхні та, на її основі, вдосконалення методики вирішення варіаційної задачі узгодження адаптивної пари "сигнал-фільтр" в умовах перешкод з використанням шляхів самоорганізації, що дозволяє максимізувати відношення сигнал/шум в пристрої обробки сигналів бортової РЛС.

За актуальністю, ступенем новизни та рівнем обґрунтованості дисертаційна робота Горішної Ірини Ярославівни відповідає вимогам п. 9, 11, 12 "Порядку присудження наукових ступенів" щодо дисертацій на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук, а її автор заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.07.14 - авіаційно-космічні тренажери.

Офіційний опонент
начальник кафедри телекомунікацій та радіотехніки
Житомирського військового інституту
ім. С. П. Корольова доктор технічних наук,
доцент



С. П. ФРИЗ

Підпис Фриза С.П. засвідчую.
ТВО начальника відділу персоналу та стройового



В. Ю. КІСЕЛЬОВ